

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 382 879 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
21.01.2004 Patentblatt 2004/04

(51) Int Cl.⁷: **F16D 69/02**, C04B 35/573,
C04B 35/80

(21) Anmeldenummer: **02015845.7**

(22) Anmeldetag: **16.07.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:
• **Benitsch, Bodo**
86647 Buttenwiesen (DE)
• **Grasser, Sebastian**
86316 Friedberg (DE)

(71) Anmelder: **SGL CARBON AG**
65203 Wiesbaden (DE)

(54) Reibmaterial, insbesondere Reibbelag einer Nassreibungskupplung

(57) Die Erfindung betrifft ein Reibmaterial sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung, umfassend folgende Schritte:

- Herstellung eines flächigen Gebildes aus Gewebe, Gewirke, Gestricke, Gelege oder Geflecht aus Kohlenstoffaserbündeln oder -garnen,
- Imprägnieren des flächigen Gebildes mit pyrolytischem Kohlenstoff,
- Carbonisierung oder Graphitierung des flächigen Gebildes zu einem C/C-Körper, welcher Mikroporen im Kohlenstoff und Makroporen zwischen den Kohlenstoffaserbündeln aufweist.

Die Erfindung sieht vor, dass eine Infiltration des C/C-Körpers mit Silizium derart durchgeführt wird, dass sich als Ergebnis ein C/SiC-Körper ergibt, bei welchem die Mikroporen im wesentlichen vollständig geschlossen sind und dessen Porosität bezogen auf die Makroporen mehr als 8 Vol% beträgt. Hierdurch eignen sich aus dem erfindungsgemäßen Reibmaterial gefertigte Reibbeläge besonders für den Einsatz in naßreibenden Reibpaarungen.

EP 1 382 879 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Reibmaterial, insbesondere einen Reibbelag einer Nassreibungskupplung, enthaltend durch Kohlenstoffaserbündel verstärktes Siliziumcarbid, sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung.

[0002] Mit Kohlenstoffasern verstärkte Verbundwerkstoffe oder Keramiken mit SiC-haltiger Matrix zeichnen sich durch eine hohe Temperaturbeständigkeit und geringen Verschleiß aus. Deshalb eignen sie sich besonders für Reibbeläge von Kupplungen. Gegenüber den Reibmaterialien auf der Basis von Kohlenstoffasergeweben werden unter vergleichbaren Bedingungen wesentlich höhere Reibwerte erreicht.

[0003] Gemäß der gattungsbildenden DE 199 39 545 A1 wird deshalb vorgeschlagen, zur Erhöhung der Verschleißfestigkeit, des Reibwertes und insbesondere der Temperaturbeständigkeit von trockenreibenden Reibungskupplungen, Kupplungs-scheiben mit Reibbelägen aus mit Kohlefasern verstärktem Siliziumcarbid (SiC) zu verwenden.

[0004] Bei sogenannten Nasskupplungen wird die bei der Reibung entstehende Wärme durch Kühlfüssigkeit abgeführt, im allgemeinen Öl, welchem der Reibbelag ausgesetzt ist. Dies hat den Vorteil, dass die Wärmebelastung des Reibmaterials gesenkt und die Lebensdauer der Kupplung erhöht wird.

[0005] Die Aufgabe der Erfindung besteht demzufolge darin, ein Reibmaterial aus mit Kohlefasern verstärktem Siliziumcarbid (SiC) derart weiterzubilden, dass es zum Einsatz in nassreibenden Reibpaarungen besonders geeignet ist. Weiterhin soll ein kostengünstiges Herstellungsverfahren für das Reibmaterial zur Verfügung gestellt werden.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das Reibmaterial zwischen den Kohlenstoffaserbündeln und/oder Kohlenstoffasern Poren aufweist, welche zumindest teilweise untereinander in Verbindung stehen und zumindest teilweise mit SiC und/oder Si erfüllt sind und wobei die Porosität mehr als 8 Vol % bezogen auf das Volumen des Reibmaterials beträgt. Dies bedeutet, dass 8% des Volumens des Reibmaterials aus Makroporen bestehen.

[0007] Die untereinander in Verbindung stehenden und folglich ein Kanalsystem bildenden Poren ermöglichen einerseits einen Transport der Kühlfüssigkeit, insbesondere des Öls von der Reibfläche ins Innere des Reibmaterials bzw. aus dem Reibmaterial heraus, wodurch Reibungswärme von der hochbelasteten Reibungsfläche entfernt wird. Andererseits verhindern die Poren die Ausbildung eines unerwünschten hydrodynamischen Schmierfilms an der Reibfläche, da das Öl bei Kontakt der einander zugeordneten Reibflächen in die Poren gedrängt und sich folglich kein tragender Schmierdruck aufbauen kann.

[0008] Durch das im folgenden erläuterte Herstellverfahren des erfindungsgemäßen Reibmaterials wird klar,

was unter dem Begriff "Makroporen" zu verstehen ist. Gemäß eines ersten Verfahrensschrittes wird ein im wesentlichen flächiges Gebilde aus Gewebe, Gewirke, Gestricke, Gelege oder Geflecht aus Kohlenstoffaserbündeln oder -garnen hergestellt, welches anschliessend mit pyrolytischem Kohlenstoff imprägniert wird. Im folgenden wird das imprägnierte flächige Gebilde zu einem C/C-Körper carbonisiert. Ergebnis ist ein C/C-Körper, welcher Mikroporen im Kohlenstoff und zumeist untereinander in Verbindung stehende Makroporen zwischen den Kohlenstoffaserbündeln aufweist. Die Makroporen sind daher bereits in dem flächigen Gebilde aus Kohlenstoffaserbündeln oder -garnen enthalten und bleiben im wesentlichen während der sich anschliessenden Verfahrensschritte (Imprägnieren, Carbonisieren) erhalten. Demgegenüber ist unter Mikroporen hier eine Porosität von wesentlich geringerer Dimension zu verstehen, indem sie solche Poren umfassen, welche sich im Kohlenstoff nach der Carbonisierung ausbilden oder bereits innerhalb der einzelnen Kohlenstoffasern vorhanden sind.

[0009] Abschliessend wird der C/C-Körper zur Ausbildung von Siliziumcarbid (C/C-SiC) mit Silizium infiltriert. Um eine möglichst hohe Steifigkeit und Festigkeit des Körpers zu erzielen, wird beim Stand der Technik eine Menge an Silizium verwendet, die sowohl die Mikroporen im Kohlenstoff wie auch die Makroporen zwischen den Kohlenstoffaserbündeln im wesentlichen vollständig verschliesst.

Bei der Herstellung des erfindungsgemäßen Reibmaterials sind die Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften jedoch gegenüber den Reibeigenschaften eher sekundär, da die aus dem Reibmaterial gebildeten Reibkörper zumeist auf Tragkörpern befestigt werden, wie es beispielsweise bei Reibbelägen von Kupplungsscheiben der Fall ist, bei welchen der Reibbelag von einer Stahlscheibe hoher Festigkeit getragen wird.

[0010] Erfindungsgemäß wird die Silizierung des C/C-Körpers derart durchgeführt, dass sich als Ergebnis ein C/SiC- oder C/C-SiC-Körper ergibt, bei welchem die Mikroporen im wesentlichen vollständig geschlossen sind und dessen Porosität bezogen auf die Makroporen mehr als 8 Vol % beträgt. Dies kann der Fachmann durch eine entsprechende Beschränkung des Siliziumangebots bei der Silizierung erreichen. Zum Vergleich kann etwa ein Ziegelstein herangezogen werden, bei welchem die Mikroporen durch die Poren im gebrannten Tonmaterial und die Makroporen durch die parallel zueinander verlaufenden zylindrischen Kanäle gebildet werden, welche zur Wärmeisolierung vorhanden sind. Wird ein solcher Ziegelstein mit Wasser getränkt, so saugen sich zunächst die Mikroporen voll, während die Kanäle zunächst frei bleiben. Erst wenn der Ziegelstein einer grösseren Wassermenge ausgesetzt ist, stehen auch die Makroporen bildenden Kanäle unter Wasser. Übertragen auf den C/C-Körper bedeutet dies, dass das Siliziumangebot derart beschränkt wird, dass zur Gewährleistung einer für Reibbeläge ausreichen-

den Steifigkeit und Festigkeit zwar die Mikroporen des C/C-Körpers im wesentlichen vollständig verschlossen werden, aber ein Grossteil der ein Kanalsystem bildenden Makroporen zur Erzielung der eingangs erwähnten Vorteile im Hinblick auf den Wärmetransport und das Reibungsverhalten frei bleibt.

[0011] Bevorzugt wird zur Silizium-Infiltration eine Siliziummenge eingesetzt, die in etwa dem stöchiometrischen Äquivalent des freien, das heisst nicht in Faserform vorliegenden Kohlenstoffs des C/C-Körpers entspricht.

[0012] Das Einbringen des Siliziums, beziehungsweise die Silizium-Infiltration, in den C/C-Körper kann auf verschiedene Arten erfolgen, beispielsweise durch eine Flüssigsilizierung, eine Gasphaseninfiltration (CVD oder CVI) oder durch andere Verfahren.

[0013] Vorzugsweise sieht das erfindungsgemäße Verfahren vor, Gewebe, Gewirke, Geflechte, Gelege oder Gestricke aus Kohlenstoffasern, deren Faserbündel bevorzugt so angeordnet sind, dass sich kanalartige Poren oder Aussparungen im Inneren und/oder an der Oberfläche ergeben, mit pyrolytischem Kohlenstoff, der insbesondere durch Carbonisierung von organischem Material oder der Gasphasenabscheidung von Kohlenstoff erzeugt wird, zu imprägnieren oder nachzuverdichten und den hierdurch erzeugten C/C-Vorkörper mit einer Siliziumschmelze zu infiltrieren, wobei sich zumindest ein Teil des pyrolytischen Kohlenstoffs zu SiC umsetzt.

[0014] Vorzugsweise ergibt sich ein mittels Gewebe, Gewirke, Gelege, Gestrick oder sonstigem Faserflächengebilde aus Kohlenstoffasern verstärktes SiC oder SiSiC als Reibbelag einer Nassreibungskupplung. Dieser Werkstoff wird im folgenden auch als C/SiC bezeichnet. Unter C/SiC ist eine Verbundkeramik aus Kohlenstoffverstärkungsfasern und einer überwiegend aus SiC, sowie Minderphasen aus Si und/oder Kohlenstoff aufgebauten Matrix zu verstehen.

[0015] Das Reibmaterial wird vorzugsweise als dünne Reibschicht auf einen Tragkörper aufgebracht und wirkt hierbei als Reibbelag. Als Tragkörper können unterschiedliche Metalle Verwendung finden, wobei Messingwerkstoffe oder Stähle bevorzugt sind. Die Verbindung zwischen dem C/SiC-Reibbelag und dem Tragkörper wird in der für C/C-Reibbeläge bekannten Weise durchgeführt, beispielsweise durch Klebung oder Lötung.

[0016] Durch geeignete Web-, oder Strickart, oder Geometrie der Faserbündel, Menge und Art der Imprägnierung oder Nachverdichtung des flächigen Gebildes mit pyrolytischem Kohlenstoff oder pyrolysierbaren Si-Polymeren und der Silizierungsparameter ist es möglich, die Porenstruktur und den SiC und/oder Si-Gehalt so einzustellen, dass sich die gewünschten Reibwerte und das gewünschte Nassreibverhalten ergeben.

[0017] Erfindungsgemäß weist das Reibmaterial eine Porosität und Porenstruktur auf, die für Flüssigkeiten Fließwege bilden können. Zu den Flüssigkeiten, welche

durch die Poren des Reibmaterials transportiert werden zählen insbesondere die in Kupplungen und Getrieben verwendeten Öle, Polyolefine und organische Kühlfüssigkeiten, die unter anderem Polyglykole enthalten.

[0018] Bevorzugt liegt die Mehrheit der Poren des Reibbelags als kanalartige Struktur vor, die in der Ebene der Reibfläche verläuft. Diese Struktur führt beim Schliessen des Reibkontaktes zwischen Reibbelag und Gegenkörper in vorteilhafter Weise zu einem schnellen Abtransport des Öls oder der Kühlfüssigkeit weg von der Reibfläche.

[0019] Die offene Porosität des erfindungsgemäßen Reibmaterials beträgt mehr als 8 Vol% bezogen auf das Volumen des Reibmaterials, vorzugsweise mehr als 12 Vol%. Besonders bevorzugt für die Porosität sind Werte im Bereich von 18 bis 48 Vol%.

[0020] Je nach Dicke der Reibschicht verlaufen die Porensysteme oder Kanäle teils innerhalb des Reibmaterials und teils an dessen Reibfläche. In letzterem Fall sind die Kanäle zur Reibfläche hin geöffnet. Bei den als bevorzugt angegebenen Werten der Porosität des Reibmaterials sind die bis zur Reibfläche verlaufenden und dort offenen Porenkanäle, nicht berücksichtigt.

[0021] Aufgrund der hohen Porosität weist der erfindungsgemäße Reibmaterial eine deutlich geringere Dichte auf als dies beispielsweise für trockenreibende Reibbeläge aus C/SiC üblich ist. Die bevorzugte Dichte des Reibmaterials liegt unterhalb 2,5 g/cm³. Besonders bevorzugt sind Dichten im Bereich von 1,9 bis 2,5 g/cm³.

[0022] Das SiC und oder die Mischphasen aus Si und SiC (SiSiC) befindet sich in der für C/SiC-Werkstoffen typischen Weise im Zwischenraum benachbarter Faserbündel, sowie teilweise auch zwischen den einzelnen Fasern.

[0023] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist der überwiegende Teil des SiC und/oder SiSiC in den durch die Faserbündel gebildeten Zwischenräumen angeordnet. Bevorzugt liegt das SiC und/oder SiSiC hierbei im wesentlichen als diskrete Partikel vor, die durch die umgebenden Faserbündel fixiert werden. Das SiC und oder SiSiC bildet hierbei keine dichte und durchgängige Matrix eines C/SiC-Verbundwerkstoffes aus, sondern eine lockere, mit Poren oder Porenkanälen durchsetzte Struktur. Dieser Aufbau trägt zu einem guten Flüssigkeitstransport durch den Reibbelag bei.

[0024] In bevorzugter Weise wird die Reibfläche des Reibmaterials im wesentlichen durch Kohlenstoffasern, oder durch zumindest teilweise mit Kohlenstoff beschichtete Kohlenstoffasern gebildet. Das SiC und/oder SiSiC ist im unbelasteten Zustand des Reibmaterials nur in geringer Menge auf der Reibfläche vorhanden. Bei der reibenden Belastung, wenn der Reibmaterial gegen den zugeordneten Gegenkörper gepresst wird, werden die Faserbündel zusammengedrückt, wodurch das in den Faserzwischenräumen befindliche SiC und/oder SiSiC an die Reibfläche hervortritt. In diesem belasteten Zustand übertragen folglich hauptsächlich die

SiC und/oder SiSiC-Partikel die Reibkräfte, wodurch hohe und gleichmäßige Reibwerte erreicht werden. Folglich führen insbesondere die innerhalb des Reibmaterials ausgeschiedenen SiC-Partikel zu hohen Reibwerten und einer hohen Verschleissfestigkeit des Reibmaterials.

[0025] Der SiC-Gehalt liegt typischerweise oberhalb 12 % (Massenprozent) des Reibmaterials. Bevorzugt werden Reibmaterialien mit SiC-Gehalten von mehr als 20 % und besonders bevorzugt Reibmaterial mit SiC-Gehalten im Bereich von 15 bis 50 % erzeugt. Der Gehalt an freiem Si, das im allgemeinen in einer SiSiC-Phase verteilt vorliegt, liegt bevorzugt unterhalb 20 % (Massenprozent) des Reibmaterials und besonders bevorzugt unterhalb 15 %.

[0026] Gemäß einer besonders zu bevorzugenden Ausführung der Erfindung enthält das Reibmaterial nur eine einzige Gewebelage. Das Gewebe wird hierbei durch Stapelfasern gebildet, wobei die Stapelfasern Bündel, Rovings oder Garne sind, die durch Spinnen oder Verzwirnen geschnittener Kohlenstoffasern gebildet werden. Bei dieser Ausführung sind Faserbündel oder Fasergarne mit rundem Querschnitt besonders bevorzugt. Das Gewebe ist grobmaschig gestrickt, gewebt oder geflochten.

[0027] Die Faserbündel einer Gewebelage sind bevorzugt so gewebt, gestrickt, oder geflochten, dass auf der Oberfläche Berge und Täler von senkrecht aufeinanderstehenden Faserbündeln oder Fasergarnen hintereinander in Reihe abfolgen. Das Gewebe ist so weitmaschig angelegt, dass neben den SiC- oder SiSiC-Ausscheidungen noch genügend Porenvolumen zum Transport der Kühlflüssigkeit oder des Öls verbleiben. Insbesondere führt diese bevorzugte grobmaschige Webart zu einem relativ flexiblen C/SiC-Reibmaterial, das sich auch in der Richtung senkrecht zur Reibfläche komprimieren lässt. Während des Anpressens des Gegenkörpers werden Öl und Kühlflüssigkeit aus der Reibfläche ausgepresst und die Hartstoffe Si und/oder SiC treten in direkten Kontakt mit dem Gegenkörper.

[0028] Aufgrund der hohen Härte der SiC-Partikel des erfindungsgemäßen Reibmaterials sind als Reibpartner insbesondere harte Metalle oder Keramikwerkstoffe geeignet. Zu den geeigneten Keramiken zählen unter anderem Keramiken auf der Basis von Aluminiumoxid, Zirkonoxid oder SiC. Üblicherweise werden keine vollkeramischen Gegenkörper, sondern mit geeigneten Keramiken beschichtete Metallkörper eingesetzt. Bevorzugt werden als Reibpartner legierte Stähle eingesetzt.

[0029] Ein für Kupplungen typischer Aufbau sieht vor, mehrere mit C/SiC-Reibmaterial beschichtete Stahlscheiben und einfache Stahlscheiben wechselseitig anzuordnen und zu einem Kupplungspaket zu kombinieren. Der erfindungsgemäße Reibbelag weist in dieser Bauform über weite Strecken konstante statische und dynamische Reibkoeffizienten auf.

Eine für Getriebe typische Anwendung sieht mit dem C/

SiC-Reibmaterial versehene Synchronringe vor.

[0030] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft das Verfahren zur Herstellung der mit Kohlenstoffasergewebe verstärkten C/SiC-Reibmaterialien. Dabei wird zur Erzeugung des C/SiC-Verbundmaterials bevorzugt das LSI-Verfahren (Liquid Silicon Infiltration) angewendet. Bestimmender Verfahrensschritt des LSI-Prozesses ist die Flüssiginfiltration eines porösen Kohlenstoffkörpers mit Silizium, wobei zumindest ein Teil des Kohlenstoffs mit dem Silizium zu SiC reagiert, wodurch eine dichte SiC-Keramikmatrix gebildet wird.

[0031] Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst die folgenden Schritte

- a) Herstellung eines flächigen Kohlenstoffasergebildes durch Weben, Stricken, Flechten oder unidirektionales Ablegen von Fasergarnen, Faserravings oder Faserbündeln,
- b) gegebenenfalls Zusammenfügen mehrerer Lagen dieses Gebildes, insbesondere mit Hilfe der Prepregtechnologie (RTM oder Pressen),
- c) Nachverdichtung oder Imprägnierung des flächigen Gebildes mit pyrolytischem Kohlenstoff, wobei der pyrolytische Kohlenstoff aus der Gasphase abgeschieden oder durch die Carbonisierung von organischen Verbindungen gebildet werden kann,
- d) Infiltration des porösen C/C-Flächengebildes mit einer Siliziumschmelze, beispielsweise durch LPI (Liquid Polymer Infiltration), durch eine Gasphaseninfiltration (CVD oder CVI) oder durch das LSI-Verfahren (Liquid Silicon Infiltration).

[0032] Im ersten Verfahrensschritt werden Kohlenstoffaser-Flächengebilde mit groben oder weiten Maschen bevorzugt. Die Kohlenstoffasern sind dabei bevorzugt in der Weise ausgerichtet, dass sich kanalartige Porensysteme oder Aussparungen ergeben.

[0033] Besonders bevorzugt sind bidirektionale oder 2D-Fasergewebe aus Stapelfasern, wobei die Faserbündel, Rovings oder Garne insbesondere einen möglichst runden Querschnitt aufweisen. Das Verhältnis der Breite zur Dicke der gegebenenfalls unrunder Faserbündel oder -garne liegt bevorzugt im Bereich von 0,5 bis 2, wobei die Filamentzahl eines Bündels, Rovings oder Gams typischerweise im Bereich von 1000 bis 12000 Monofilamenten liegt.

[0034] Für die meisten Anwendungen sind C/SiC-Reibbeläge ausreichend, die nur eine einzige Kohlenstoffaser-Gewebelage aufweisen. Gegebenenfalls können aber auch mehrere Lagen, zumeist unterschiedlich gewebten Materials in bekannter Weise beispielsweise durch Prepregtechnik miteinander verbunden werden. Bei dieser Vorgehensweise ist vor der Schmelzinfiltration mit Silizium ein Carbonisierungsschritt vorzusehen, bei welchem der organische Binder der Prepregs zu pyrolytischem Kohlenstoff zersetzt wird.

[0035] Im nächsten Verfahrensschritt wird das Koh-

lenstoffaser-Flächengebilde mit pyrolytischem Kohlenstoff nachverdichtet oder imprägniert und ein C/C-Körper gebildet. Unter pyrolytischem Kohlenstoff sind sowohl durch Gasphasenabscheidung (CVD oder CVI), als auch durch thermische Zersetzung kohlenstoffhaltiger Verbindungen, insbesondere organischen Materials, entstehende Kohlenstoffe zu verstehen. Als organisches Material werden bevorzugt Phenolharze oder Pech eingesetzt. Die Imprägnierlösung kann gegebenenfalls auch noch Feststoffe aus Kohlenstoffmaterial, Ruß, oder Graphit enthalten. Das organische Material, beziehungsweise die Imprägnierlösung, wird durch eine Flüssigphasen-Imprägnierung in den Kohlenstoffaserkörper eingebracht und hierauf carbonisiert. Diese Nachverdichtung/Carbonisierung kann gegebenenfalls wiederholt werden. Bevorzugt werden mindestens zwei Flüssigphasen-Nachverdichtungen durchgeführt.

[0036] Die thermische Zersetzung der kohlenstoffhaltigen Verbindungen, auch Carbonisierung genannt, erfolgt bei Temperaturen im Bereich von 700 °C bis 1600 °C. Ebenso ist es aber auch möglich, auf Temperaturen bis zu 2400 °C zu erhitzen und dadurch die Graphitierung des Kohlenstoffmaterials einzuleiten.

[0037] Der in der Nachverdichtung oder Imprägnierung abgeschiedene Kohlenstoff dient teils als Faserschutz, der die Kohlenstofffasern vor dem Angriff des schmelzflüssigen Siliziums schützt und teils als Reaktionspartner des Siliziums zur Ausbildung der Partikel aus SiC und/oder SiSiC.

[0038] In einer besonders bevorzugten Verfahrensvariante wird der pyrolytische Kohlenstoff im wesentlichen nur im Inneren des Flächengebildes abgeschieden, so dass die Oberflächenschicht des Faserkörpers nicht durch einen Kohlenstofffilm bedeckt ist. Hierdurch lässt sich erreichen, dass durch die Silizierung keine durchgehende, oder gar dichte SiC-Schicht ausgebildet wird. Das Flächengewicht des C/C-Körpers liegt bevorzugt unterhalb 2,2 g/cm³ und besonders bevorzugt im Bereich zwischen 1,5 und 2 g/cm³.

[0039] Im letzten Schritt wird der C/C-Körper mit einer Siliziumschmelze infiltriert. Die Siliziumschmelze kann neben Silizium auch weitere Metalle enthalten. Zu diesen zählen insbesondere eine oder mehrere Metalle aus der Gruppe Ti, Cr, Fe, Mo, W, oder Cu. Ein Zusatz von Cu erfolgt bevorzugt dann, wenn die Reibpaarung sehr hohen Anpresskräften ausgesetzt werden soll.

[0040] Der Massenanteil an SiC im Reibmaterial liegt nach der Silizierung typischerweise oberhalb 15 %. Das SiC ist dabei bevorzugt ausserhalb der Faserbündel und innerhalb der durch das Kohlenstoffasergewebe gebildeten Porensysteme angeordnet. Bevorzugt sind höchstens 30 Vol% des gesamten im Reibmaterial vorhandenen SiC innerhalb der Kohlenstoffaserbündel-, oder garne angeordnet.

Patentansprüche

1. Reibmaterial für nassreibende Reibpaarungen, enthaltend durch Kohlenstoffaserbündel verstärktes Siliziumkarbid, C/C-SiC oder C/SiC, **dadurch gekennzeichnet, dass** es zwischen den Kohlenstoffaserbündeln und/oder Kohlenstoffasern Poren aufweist, welche zumindest teilweise untereinander in Verbindung stehen und wobei die Porosität mehr als 8 Vol % bezogen auf das Volumen des Reibmaterials beträgt.
2. Reibmaterial nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** es eine Porosität von mindestens 10 Vol% aufweist.
3. Reibmaterial nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** seine Dichte im Bereich von 1,9 bis 2,5 g/cm³ liegt.
4. Reibmaterial nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Poren im Inneren und/oder auf einer Reibfläche als offene Poren ausgebildet sind.
5. Reibmaterial nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** es weniger als 10 mm dick ist.
6. Reibmaterial nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehr als 50 % der Poren in der Ebene der Reibfläche vorhanden sind.
7. Reibmaterial nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis von Breite zur Dicke der Kohlenstoffaserbündel oder Ravings im Bereich von 0,5 bis 2,0 liegt.
8. Reibmaterial nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Massengehalt an SiC oberhalb 15 % liegt.
9. Reibmaterial nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Faserbündel einer Gewebelage bevorzugt so gewebt, gestrickt, oder geflochten sind, dass auf der Oberfläche Berge und Täler von senkrecht aufeinanderstehenden Faserbündeln oder Fasergarnen hintereinander in Reihe abfolgen.
10. Reibmaterial nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Massengehalt an SiC in Zwischenräumen zwischen den Kohlenstoffaserbündeln mehr als 10 % beträgt.
11. Reibmaterial nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es als Reibkörper auf einem Tragkörper aus Stahl gehalten

ten ist.

12. Verwendung eines Reibmaterials nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11 in nassreibenden Kupplungen oder Getrieben von Kraftfahrzeugen oder für Synchronringe von Getrieben. 5

13. Verfahren zur Herstellung eines Reibmaterials für die Nassreibung umfassend folgende Schritte 10
 - Herstellung eines flächigen Gebildes aus Gewebe, Gewirke, Gestricke, Gelege oder Geflecht aus Kohlenstoffaserbündeln oder -garnen, 15
 - mindestens einmaliges Imprägnieren des flächigen Gebildes mit pyrolytischem Kohlenstoff, 15
 - Carbonisierung und/oder Graphitierung des flächigen Gebildes zu einem C/C-Körper, welcher Mikroporen im Kohlenstoff und Makroporen zwischen den Kohlenstoffaserbündeln aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** 20
 - eine Infiltration des C/C-Körpers mit Silizium derart durchgeführt wird, dass sich als Ergebnis ein C/SiC-Körper ergibt, bei welchem die Mikroporen im wesentlichen vollständig geschlossen sind und dessen Porosität bezogen auf die Makroporen mehr als 8 Vol% beträgt. 25

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das flächige Gebilde durch ein bidirektionales oder 2D-Gewebe aus Stapelfasern gebildet wird. 30

15. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das flächige Gebilde durch mehrere Gewebelagen gebildet wird. 35

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohdichte des C/C-Körpers vor der Silizierung im Bereich zwischen 1,5 und 2 g/cm³ liegt. 40

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Massenanteil an SiC im Reibmaterial nach der Silizierung mehr als 15 % beträgt. 45

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Infiltration mit Silizium durch Flüssiginfiltration oder Gasphaseninfiltration erfolgt. 50

55



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 02 01 5845

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	EP 1 188 947 A (INVENTIO AG) 20. März 2002 (2002-03-20) * Absatz [0017] - Absatz [0020] * * Ansprüche 1-13; Beispiele 1,2 *	1,3,8, 10-15,18	F16D69/02 C04B35/573 C04B35/80
X	EP 0 926 111 A (ACROSS CO ;NGK INSULATORS LTD (JP)) 30. Juni 1999 (1999-06-30) * Absatz [0012] - Absatz [0015] * * Absatz [0059] - Absatz [0073] *	1,5, 13-15,18	
X	EP 0 887 572 A (DAIMLER BENZ AG) 30. Dezember 1998 (1998-12-30) * Spalte 3, Zeile 30 - Spalte 4, Zeile 21 * * Spalte 4, Zeile 58 - Spalte 5, Zeile 14 * * Ansprüche 1-3,5,613 *	1,13,18	
X	EP 0 835 853 A (EUROP PROPULSION) 15. April 1998 (1998-04-15) * Spalte 7, Zeile 10 - Spalte 12, Zeile 48; Beispiele 1,3 *	1,3,8,9, 13-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			F16D C04B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 18. Dezember 2002	
		Prüfer Boulon, A	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
<p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichttechnische Offenbarung P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>			

EPO FORM 1503 03/02 (P4/C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 02 01 5845

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

18-12-2002

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1188947 A	20-03-2002	DE 10045881 A1	08-05-2002
		AU 7205301 A	21-03-2002
		BR 0104029 A	07-05-2002
		CN 1343620 A	10-04-2002
		EP 1188947 A2	20-03-2002
		JP 2002114466 A	16-04-2002
		US 2002029944 A1	14-03-2002
EP 0926111 A	30-06-1999	JP 2000081062 A	21-03-2000
		JP 11292662 A	26-10-1999
		DE 69806333 D1	08-08-2002
		EP 0926111 A2	30-06-1999
		US 2001051258 A1	13-12-2001
		EP 0985647 A2	15-03-2000
EP 0887572 A	30-12-1998	DE 19727586 A1	04-02-1999
		DE 29724075 U1	04-11-1999
		DE 59804775 D1	22-08-2002
		EP 0887572 A1	30-12-1998
		JP 2964456 B2	18-10-1999
		JP 11132270 A	18-05-1999
		US 6079525 A	27-06-2000
		US 6248269 B1	19-06-2001
EP 0835853 A	15-04-1998	EP 0835853 A1	15-04-1998
		CN 1237950 A	08-12-1999
		EP 0956276 A1	17-11-1999
		WO 9816484 A1	23-04-1998
		JP 2001505863 T	08-05-2001
		KR 2000049126 A	25-07-2000
		US 6221475 B1	24-04-2001

EPO FORM P0481

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82